

⑩ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭56-87911

⑬ Int. Cl.<sup>3</sup>  
H 03 H 9/215  
H 03 B 5/32

識別記号

庁内整理番号  
7190-5 J  
7928-5 J

⑭ 公開 昭和56年(1981)7月17日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 4 頁)

⑮ 屈曲振り水晶振動子

号株式会社第二精工舎内

⑯ 特 願 昭54-165269

⑰ 出 願 人 株式会社第二精工舎

⑱ 出 願 昭54(1979)12月19日

東京都江東区亀戸6丁目31番1号

⑲ 発 明 者 川島宏文

⑳ 代 理 人 弁理士 最上務

東京都江東区亀戸6丁目31番1

明 細 書

1. 発明の名称 屈曲振り水晶振動子

2. 特許請求の範囲

屈曲モードと振りモードを結合させた屈曲振り水晶振動子に於いて、主振動のクリスタルインピーダンスを $R_M$ 、副振動のクリスタルインピーダンスを $R_B$ とすると、 $R_B$ と $R_M$ の比 $R_B/R_M$ は5より大きく30より小さくしたことを特徴とする屈曲振り水晶振動子。

3. 発明の詳細な説明

本発明は屈曲モードと振りモードが結合した屈曲振り水晶振動子に関する。

本発明の目的は屈曲モード並びに振りモード、クリスタルインピーダンスを最適に選ぶことによつて水晶共振回路に於いて、安定な共振をする屈曲振り水晶振動子を提供することにある。

時計に使用されている水晶振動子、特に、音叉

型屈曲水晶振動子は現在完全に実用期を迎えている。しかし、現在、多数使用されているからと言つて全く問題点が無いわけではなく、この振動子にも色々な欠点がある。その中でも大きな欠点は周波数温度特性が広い温度範囲にわたつて不充分であるため、時計の精度に限界があつた。そこで、最近ではこれらの振動子を2本使用して、更に、周波数温度特性を改善した方式を提案しているが、この方式は2本の振動子の組合せが難しく、同時に2本水晶を使用するので高価になつてしまふという欠点があつた。更には、1本の水晶振動子で周波数温度特性の優れたATカット振動子があるがこの振動子の周波数がMHzと高く、時計用としては消費電流が多く、現時点では使用できないのが現状である。それ故に、1個の振動子で、しかも低周波で周波数温度特性の優れた水晶振動子が要求されていたが、最近、低周波で、しかも周波数温度特性の優れた屈曲振り水晶振動子が提案されている。しかし、その電気的特性、即ち主振モードと副振モードのクリスタルインピーダンス

については全く述べられておらず、主振モードと副振モードのクリスタルインピーダンスの過ひ方によつては水晶発振回路で周波数ジャンプを生じ不安定発振の原因となる。それ故、本発明は主振モード、並びに副振モードのクリスタルインピーダンスの最高値を過ぶことによつて前記の欠点を解決した。以下図面に沿つて本発明を説明する。

第1図は本発明の音叉型水晶振動子の概観図である。1は音叉型水晶で、L、W、Tは各々音叉腕の長さ、音叉腕幅、音叉の厚みを示している。簡単にするために副振用電極は省略してある。X、Y、Zは水晶の結晶軸、即ち、電気軸、機械軸、光軸を示し、X軸を回転軸として $\theta$ 度回転したとき、Y軸、Z軸の新軸を各々Y'軸、Z'軸としている。この角度 $\theta$ は周波数温度特性と密接な関係を有し、通常は $-9^\circ$  から $-11^\circ$  あるいは $+24^\circ$  から $+26^\circ$  の範囲から形状、寸法等によつて決定される。本発明では反時計方向の回転角 $\theta$ を正とする。第2図は第1図の断面図を示す。1は音叉水晶で、水晶表面上の電極は2極、3極の2端

- 3 -

子構造をしている。2端子電極2、3に交流電圧を印加することによつて連続的に屈曲モードと振リモードを励振させることができる。第3図は本発明の屈曲モード振動 $f_F$ と振リモード振動 $f_T$ の厚みTと幅Wの比 $T/W$ を変化させたときのクリスタルインピーダンス(CI)の変化を示している。図から明らかなように比 $T/W$ を変えることによつて、 $f_F$ 、 $f_T$ のCIを変化させることができる。今、更に理解を深めるために幅Wを一定とすると厚みTのみの変化によつて $f_F$ 、 $f_T$ のCIを変えることができる。又、厚みTを一定にしたときは幅Wについても全く同じことが言える。次に、屈曲モード振動と振リモード振動の結合について述べる。第4図は厚みTを変えたときの屈曲モード振動 $f_F$ と振リモード振動 $f_T$ との結合状態を示す図である。仮に、両方のモード間に全く結合がないとすれば $f_F$ と $f_T$ はほぼ厚みTに關して周波数 $f$ は直線に変化することが知られているから両方の振動モードは交点dを持つはずである。しかし、実際には両方のモード間には

- 4 -

結合が生ずるため様子は若干異なってくる。今、厚み $T_1$ 、 $T_2$ の振動子について説明すると、 $T_1$ 振動子の振リモードの共振周波数を $f_1$ 、屈曲モードの共振周波数を $f_2$ とするとその差 $\Delta f_1$ は $\Delta f_1 = f_2 - f_1$ で与えられる。一方、厚み $T_2$ の振動子の振リモードの共振周波数を $f_3$ 、屈曲モードの共振周波数を $f_4$ とするとその差 $\Delta f_2$ は $\Delta f_2 = f_4 - f_3$ で与えられる。ここで理解されることは $T_1$ 振動子と $T_2$ 振動子では結合状態が全く異なるということである。即ち、換言するならば、 $T_1$ 振動子の屈曲モードの周波数 $f_2$ は $T_2$ 振動子の屈曲モードの周波数 $f_4$ よりも早く結合を起すという事である。これは水晶振動子の電氣的等価回路で説明するならば $T_1$ 振動子の両モードのCI値の差は $T_2$ 振動子のそれよりも小さいことを意味している。又、 $\Delta f_1 > \Delta f_2$ であるから振動子のCI値の差が小さいほど主振と副振の周波数差を大きくすることができ、主振と副振の共振周波数の差はできるだけ大きく、しかも、CIの差も大きくすることが発振

- 5 -

回路での安定発振させる条件であるが両方の関係は相容れないものであるから、そこで当然、最適な値が決定されるわけである。第5図は本発明の水晶発振回路の一実施例を示し、aは水晶振動子、Rdは出力抵抗、Rfはフィードバック抵抗、Cb、Cdは各々負荷容量を示し、4はCMCBIICを示す。第6図は第5図の本発明の実施例をさらに具体化した発振回路であり、A部は増幅部、B部は増進部を示している。B部のb、cは各々屈曲振動モード、振リ振動モードで両モードを別々にわかりやすく示している。今、A部、B部の位相差を夫々 $L_A$ 、 $L_B$ 、増幅率、増進率を夫々 $\alpha$ 、 $\beta$ とすると発振条件は次の事を満足する必要がある。

$$\alpha, \beta \geq 1 \quad (1)$$

$$L_A + L_B = 2\pi \quad (2)$$

今、説明を分かりやすくするために、増幅率 $\alpha$ と位相差 $L_A$ を一定とすると発振条件は増進率 $\beta$ と $L_B$ によつて決定される。本発明によると、Cの増進率 $\beta$ と $L_B$ は特に水晶振動子のCIによつて変化することが見い出された。即ち、CI値が

- 6 -

小さいほど(1)、(2)式の発振条件を十分に良く満たしてくれる。従つて主振動で常に発振を維持するには、CI値は副振動のそれより常に小さくする必要がある。又、この主振動と副振動のCI値の差が非常に大切であり、本発明では、温度を $-10^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ の範囲で変化させたときにも主振動で安定発振を維持するには主振動のCIをRM、副振動のCIをRBとすると $RB/RM$ は5より大きくすれば良いことがわかつた。しかし $RB/RM$ はいくらでも大きくて良いかと云えばそうでなく上限がある。即ち、主振動と副振動のCI値の差が大きいと、結合させるには屈曲モード振動と振りモード振動の周波数差を小さくして結合させる必要があり、この時、あまり周波数を近づけると主振動のリゾナンス特性が劣化するためCI値の増加をまねくという不具合点を生じる。それ故、本発明では $RB/RM$ の比は30より小さいことが良いことがわかつた。第7図は本発明の屈曲振り水晶振動子の周波数温度特性の一実施例を示し、直線下は主振動と副振動の結合が不十分のときの周波

- 7 -

数温度特性で、上は逆に結合が強すぎるときの周波数温度特性である。0は本発明によつて得られた周波数温度特性で、本発明のCI値の選択によつて得られる。以上述べたように、本発明は2つの振動モードを結合させた振動子に於いて、振動子の寸法を変えて主振動と副振動のCI値を最適に選択することによつて、2つの振動が結合した場合でも主振動のCI値を劣化させることなく、同時に水晶発振回路に於いても安定な発振をする屈曲振り水晶振動子を提供することができた。しかも、最適な切り出し角度を選択することによつて周波数温度特性の優れた屈曲振り水晶振動子を提供することができた。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の音叉型水晶振動子の斜視図、第2図は第1図の音叉型水晶振動子の断面図、第3図は辺比 $T/W$ を変えたときの屈曲モード振動子と振りモード振動子のCI値の変化を示す特性図、第4図は厚み $T$ を変化させたときの屈曲モー

- 8 -

ドと振りモードとの間の結合の度合いを示す特性図、第5図は本発明の発振回路の一実施例を示す回路図、第6図は第5図の発振回路をさらに具体化した回路図、第7図は本発明の音叉型屈曲振り水晶振動子の一実施例を示す特性図である。

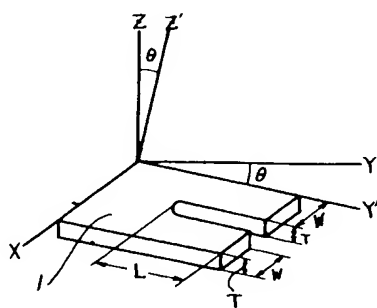
- 1…水晶                      2, 3…電極端子  
b…屈曲モード              c…振りモード

以 上

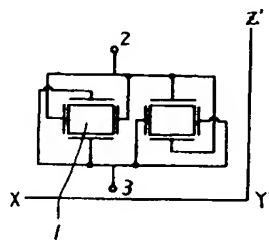
出願人    株式会社 第二精工舎  
代理人    弁護士 城 上 務



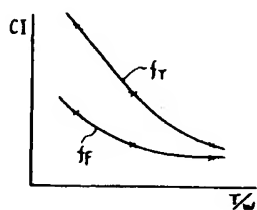
第 1 図



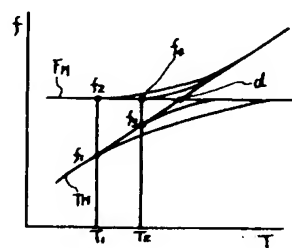
第 2 図



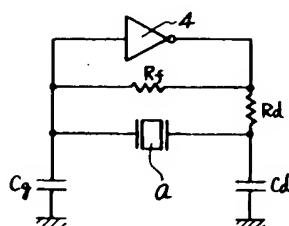
第 3 図



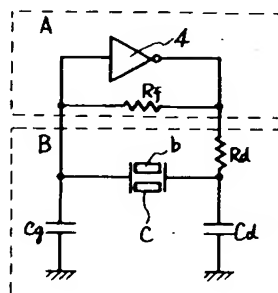
第 4 図



第 5 図



第 6 図



第 7 図

